

AP20 Rec'd PCT/PTO 20 JUL 2006

**Vormischbrenneranordnung zum Betreiben einer Brennkammer sowie  
Verfahren zum Betreiben einer Brennkammer**

**Technisches Gebiet**

Die Erfindung bezieht sich auf einen Vormischbrenner sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkammer mit einem flüssigen und/oder gasförmigen Brennstoff mit einem Drallerzeuger für einen Verbrennungszuluftstrom zur Ausbildung einer Drallströmung sowie Mitteln zur Eindüsung von Brennstoff in die Drallströmung, wobei der Drallerzeuger mittelbar über eine Mischzone oder unmittelbar an die Brennkammer jeweils über einen Brenneraustritt angrenzt, wobei am Brenneraustritt eine in Strömungsrichtung der Drallströmung unstete Querschnittserweiterung vorgesehen ist, durch die die Drallströmung unter Ausbildung einer Rückströmzone aufplatzt.

**Stand der Technik**

Vormischbrenner der vorstehend genannten Gattung sind aus einer Vielzahl vorveröffentlichter Druckschriften bekannt, so bspw. aus der EP A1 0 210 462 sowie der EP B1 0 321 809, um nur einige zu nennen. Vormischbrennern dieser Art liegt das allgemeine Wirkprinzip zugrunde, innerhalb eines zumeist als kegelförmig ausgebildeten Drallerzeugers, der wenigstens zwei mit entsprechend gegenseitiger Überlappung zusammengesetzte Teilkegelschalen vorsieht, eine aus einem Brennstoff-Luftgemisch bestehende Drallströmung zu erzeugen, die innerhalb einer

in Strömungsrichtung dem Vormischbrenner nachfolgenden Brennkammer unter Ausbildung einer räumlich möglichst stabilen Vormischflamme zur Zündung gebracht wird. Hierbei ist die räumliche Lage der Vormischflamme bestimmt durch das aerodynamische Verhalten der Drallströmung, deren Drallzahl mit zunehmender Ausbreitung längs der Brennerachse zunimmt, damit instabil wird und letztlich durch einen unsteten Querschnittsübergang zwischen Brenner und Brennkammer in eine annulare Drallströmung unter Ausbildung einer Rückströmzone aufplatzt, in deren vorderen Bereich sich die Vormischflamme ausbildet.

Es zeigt sich jedoch, dass die Wirbelrückströmzone über nur bedingt gute Stabilitätseigenschaften verfügt, weshalb bereits eine Vielzahl von Vorschlägen gemacht worden, die Stabilitätseigenschaften derartiger Rückströmzonen zu verbessern. Im Wesentlichen gilt für eine möglichst stabile Wirbelrückströmzone, dass das axiale Profil der vom Drallkörper erzeugten Drallströmung im Zentrum, also im Bereich der Brennerachse, drallarm sein sollte und überdies sollte dort ein Axialgeschwindigkeitsüberschuss vorhanden sein. Diese Überlegungen haben zu einem Brenner gemäß der EP 0 321 809 B1 geführt.

Der in dieser Druckschrift beschriebene Doppelkegelbrenner ist in Figur 2 in schematisierter Weise in Form einer Längsschnittdarstellung gezeigt und weist einen kegelförmig ausgebildeten Drallerzeuger 1 auf, deren beide ineinander gesetzte Teilkegelschalen jeweils zwei Lufteintrittsschlitze 2 einschließen. Der Drallerzeuger 1 mündet am Brenneraustritt 3 über eine unstete Querschnittserweiterung direkt in die Brennkammer 4. Durch die tangentielle Einspeisung der Verbrennungszuluft längs der Lufteintrittsschlitze 2 wird eine Drallströmung erzeugt, die sich in axialer Strömungsrichtung mit zunehmendem Drall um die Axialrichtung des Drallerzeugers ausbreitet. Aufgrund des zunehmenden Dralls längs der axialen Strömungsrichtung nimmt die Instabilität der Drallströmung zu und geht in eine annulare Drallströmung mit Rückströmung über. Es bildet sich im Wesentlichen innerhalb der Brennkammer 4 im Bereich des Brenneraustrittes 3 eine Rückströmungszone 5 aus mit einer in Strömungsrichtung vorderen Front bzw. einem vorderen Staupunkt 6, dessen axiale Lage relativ zum Vormischbrenner 1 im Wesentlichen durch den Kegelwinkel  $2\gamma$  und

die Schlitzbreite der Lufteintrittsschlitze 2 bestimmt wird. Durch die Größenwahl der vorstehenden Geometriewerte können Größe und Aussehen der Rückströmzone 5 im Wesentlichen bestimmt werden.

Innerhalb der Rückströmzone 5 bildet sich die Vormischflamme 7 aus, die sich am vorderen Bereich der inneren Rückströmzone 5 stabilisiert.

Untersuchungen der Stabilität einer derartigen Flamme 7 haben ergeben, dass die aerodynamische Stabilität der inneren Rezirkulations- bzw. Rückströmzone 5 entscheidenden Einfluss auf Lage, Form und Größe der Vormischflamme 7 haben.

Dient der vorstehend beschriebene Vormischbrenner zur Erzeugung von Heißgasen zum Antrieb einer Gasturbinenanlage, so gilt es aus Gründen der Optimierung des Wirkungsgrades der Gasturbineanlage den Druckverlust über den Brenner möglichst niedrig zu halten. Da Drallzahl und Druckverlust in direkter Proportionalität zueinander stehen, ist eine möglichst niedrige Drallzahl innerhalb der Drallströmung gewünscht, die gerade so gross gewählt sein sollte, dass sich eine innere Rückströmzone ausbildet.

Andererseits ist anzustreben, den vorderen Staupunkt 6 der Rückströmzone 5 aerodynamisch möglichst stabil zu halten, um zu verhindern, dass die mit dem vorderen Staupunkt 6 verankerte Vormischflammenfront durch starke Variation der Flammenposition thermoakustische Instabilitäten hervorruft, durch die nicht nur der Wirkungsgrad einer Gasturbinenanlage nachhaltig beeinflusst wird, sondern überdies erhebliche Materialbeanspruchungen an nahezu allen mit den Heißgasen in unmittelbaren Kontakt tretenden Komponenten der Gasturbinenanlage hervorrufen, wodurch letztlich die Gesamtlebensdauer der Anlage reduziert wird. Der Wunsch nach einer möglichst hohen aerodynamischen Stabilität der Flammenvorderfront innerhalb der Rückströmzone steht jedoch im Widerspruch mit der wirkungsgradbedingten Drallzahlverminderung, die zu kleineren Drallgradienten im Brenner führt, insbesondere am Ort des vorderen Staupunktes 6. Ein kleinerer Drallgradient impliziert jedoch eine größere Auslenkung des Staupunktes in

Strömungsrichtung bei möglicherweise auftretenden Störungen und unterstützt die vorstehend beschriebene Ausbildung thermoakustischer Instabilitäten.

### **Darstellung der Erfindung**

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde einen Vormischbrenner gemäß den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1 derart weiterzubilden, dass einerseits die aerodynamische Stabilität der inneren Rückströmzone insbesondere im Bereich des vorderen Staupunktes erhöht werden soll, ohne dabei einen nennenswerten zusätzlichen Brennerdruckverlust in Kauf nehmen zu müssen. Ferner gilt es ein entsprechendes Verfahren zum Betreiben einer Brennkammer anzugeben, das sowohl der Vermeidung des Auftretens thermoakustischer Schwingungen, als auch dem Bestreben einen möglichst geringen Brennerdruckverlust zu erzielen dienen soll.

Die Lösung der der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Ein erfindungsgemäßes Verfahren ist Gegenstand des Anspruches 11. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind dem Gegenstand der Unteransprüche sowie der Beschreibung insbesondere unter Bezugnahme auf die Ausführungsbeispiele zu entnehmen.

Dem erfindungsgemäßen Vormischbrenner liegt die Idee zugrunde, dass sich die aerodynamische Stabilität der freien inneren Rückströmzone dadurch erhöhen lässt, indem in Strömungsrichtung vor der sich ausbildenden Rückströmzone der Drallgradient der Drallströmung lokal vergrößert wird. Durch die lediglich lokale Vergrößerung des Drallgradienten, d. h. längs der sich axial ausbreitenden Drallströmung innerhalb des Vormischbrenners gilt es die Drallzahl in axialer Strömungsrichtung räumlich begrenzt von einer Ausgangsdrallzahl auf eine größere Drallzahl anzuheben und unmittelbar anschließend auf die Ausgangsdrallzahl oder einer verglichen zu dieser kleineren Drallzahl abzusenken. Es zeigt sich, dass mit der erfindungsgemäßen Maßnahme der Brennergasdruckverlust nur unwesentlich

erhöht wird, wodurch sich keinerlei oder nur sehr geringe Auswirkungen auf den Gesamtwirkungsgrad einer Gasturbine ergeben.

Erfindungsgemäß zeichnet sich somit ein Vormischbrenner mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1 dadurch aus, dass stromauf des Brenneraustrittes eine den Strömungsquerschnitt des Drallerzeugers oder falls vorhanden der Mischzone in Strömungsrichtung lokal verjüngende Kontur vorgesehen ist.

Diese, den Strömungsquerschnitt lokal verjüngende Kontur weist in vorteilhafter Weise einen in Strömungsrichtung orientierten Längsschnitt auf, der vergleichbar jenem einer Venturidüsenanordnung entspricht, d. h. die Kontur weist in Strömungsrichtung einen ersten, den Strömungsquerschnitt stetig verkleinernden Kulissenabschnitt auf, der kontinuierlich in einen zweiten Kulissenabschnitt mit einem geringsten Strömungsquerschnitt übergeht, an dem sich in Strömungsrichtung ein dritter, den Strömungsquerschnitt wieder stetig vergrößernder Kulissenabschnitt anschließt. Durch das Vorsehen einer, den Strömungsquerschnitt in Strömungsrichtung lokal verjüngenden Kontur wird die Drall- bzw. Brennerströmung im Bereich des ersten Kulissenabschnittes aufgrund der stetigen Strömungsquerschnittsverringerung nach der Strömungsbeziehungen von Bernoulli beschleunigt und nach Passieren des Bereiches mit dem geringsten Strömungsquerschnitt entsprechend verzögert.

Aufgrund dieser konvergent- divergenten Strömungsführung längs der Brennerachse in Strömungsrichtung durch die den Strömungsquerschnitt verjüngende Kontur wird der Drallgradient lokal erhöht, wodurch sich wiederum die aerodynamische Stabilität der sich ausbildenden Vorderfront der Rückströmzone verbessert. Wesentlich dabei ist, dass aufgrund einer unveränderten Brennerkontur am Brenneraustritt, zumal sich die Kontur stromauf des Brenneraustrittes befindet, der Brennerdruckverlust nur unwesentlich beeinflusst wird. Eine Beeinträchtigung des Gesamtwirkungsgrades einer Gasturbine kann hierdurch weitgehend vermieden werden.

In vorteilhafter Weise gilt es die den Strömungsquerschnitt verjüngende Kontur längs der Brennerachse innerhalb des Vormischbrenners derart zu positionieren, dass die Kontur im Bereich der vordersten Front, vorzugsweise in Strömungsrichtung unmittelbar vor der sich ausbildenden Rückströmzone vorgesehen wird.

Handelt es sich bei dem Vormischbrenner um einen Doppelkegelbrenner, dessen Drallerzeuger im Wesentlichen aus zwei ineinander gesetzte Teilkegelschalen besteht, und ist ferner zwischen dem Doppelkegelbrenner und der Brennkammer kein weiteres Mischrohr vorgesehen, so dass der Drallerzeuger mit seinem Brenneraustritt unmittelbar in die Brennkammer über eine unstete Querschnittserweiterung mündet, so bewirkt die erfindungsgemäße Vorkehrung, die einerseits als Zusatzform an geeigneter axialer Stelle längs des Innumfangsrandes beider Teilkegelschalen zusätzlich angefügt werden kann, wodurch die Möglichkeit einer Retrovistierbarkeit gegeben ist, oder die formgebend bereits in die innwandige Seite beider Teilkegelschalen einstückig eingearbeitet ist, für eine elliptische Querschnittsformgebung am Ort des durch die Kontur bedingten engsten bzw. kleinsten Strömungsquerschnitt. Selbstverständlich ist die erfindungsgemäße Maßnahme auch bei Vormischbrennersystemen anwendbar, deren Drallerzeuger aus mehr als zwei Teilkegelschalen zusammengefügt sind oder zwischen Drallerzeuger und Brennkammer ein Mischrohr als zusätzliche Mischzone vorsehen. Im Falle des Vorsehens von Mischrohren ist die den Strömungsquerschnitt verjüngende Kontur im Innenwandbereich des Mischrohres nahe des Brenneraustrittes am Übergang zur Brennkammer vorzusehen.

Dem erfindungsgemäßen Konzept der lokalen Strömungsquerschnittverjüngung zum Zwecke der aerodynamischen Stabilisierung der sich ausbildenden Rückströmzone innerhalb eines Vormischbrenners, der vorzugsweise zum Betrieb einer Brennkammer verwendet wird, die zur Befeuerung einer Gasturbinenanlage dient, liegt der verfahrenstechnische Gedanke zugrunde, am Ort des vordersten Staupunktes der Rückströmzone aerodynamische Verhältnisse zu schaffen, die ein axiales Auswandern des Staupunktes verhindern. Hierzu wird die in axiale Strömungsrichtung orientierte Drallströmung durch den konturbedingten Düseneffekt

innerhalb des Vormischbrenners, bspw. innerhalb des Drallerzeugers axial vor dem vordersten Staupunkt der Rückströmzone beschleunigt und ebenfalls in Strömungsrichtung vor dem Staupunkt der Rückströmzone derart verzögert, dass am axialen Ort des Staupunktes ein möglichst großer Geschwindigkeitsgradient mit Strömungsrichtungsumkehr vorherrscht. Dies kann durch eine gezielt vor dem Ort des Staupunktes liegende konvergente und divergente Strömungsführung erreicht werden. Weitere Einzelheiten sind der Beschreibung zu den Ausführungsbeispielen im weiteren zu entnehmen.

### **Kurze Beschreibung der Erfindung**

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1            schematisierte Teil-Längsschnittdarstellung durch einen Drallerzeuger,
- Fig. 2            schematisierte Längsschnittdarstellung durch einen Vormischbrenner mit Brennkammer,
- Fig. 3            Querschnittdarstellung durch einen Drallerzeuger am Ort des geringsten Strömungsquerschnittes,
- Fig. 4            Diagrammdarstellung des Geschwindigkeitsgradienten in Strömungsrichtung längs der den Strömungsquerschnitt verjüngenden Kulisse,
- Fig. 5            Diagramm zur Darstellung der Druckfluktuationen bei niedrigen Temperaturen sowie
- Fig. 6            Diagrammdarstellung mit Emissionswerten.

**Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit**

Figur 1 zeigt einen schematisierten Ausschnitt eines Längsschnittes durch einen Drallerzeuger eines Doppelkegelvormischbrenners mit einer Brennerwand 8 die mit der Brennerachse A einen hälftigen Kegelwinkel  $\gamma$  einschließt. Vor Brenneraustritt 3 ist innwandig an der Brennerwand 8 eine den axialen Strömungsquerschnitt verjüngende Kontur 9 vorgesehen. Die Kontur 9 verkleinert den Strömungsquerschnitt längs zur Brennerachse A innerhalb eines lokalen Bereiches 10 derart, dass Form und Größe des Brenneraustritts 3 durch die Kontur 9 nicht beeinträchtigt sind. Die Kontur 9 weist einen ersten Kulissenabschnitt 91 auf, durch den der Strömungsquerschnitt stetig verkleinert wird. Unmittelbar an den ersten Kulissenabschnitt 91 schließt sich ein zweiter Kulissenabschnitt 92 an, der den kleinsten Strömungsquerschnitt vorgibt. Vorzugsweise ist der zweite Kulissenabschnitt 92 lediglich punkt- bzw. linienförmig ausgebildet. An den Bereich des kleinsten Strömungsquerschnitts schließt sich stromab ein dritter Kulissenabschnitt 93 an, durch den der Strömungsquerschnitt wieder aufgeweitet wird, vorzugsweise bis auf ein Maß, das durch die Brennerwand 8 austrittsseitig vorgegeben ist.

Die den Strömungsquerschnitt verjüngende Kontur 9 läuft im Falle eines Doppelkegelbrenners in Umfangsrichtung zu beiden Teilkegelschalen annular weitgehend geschlossen um, so dass durch das Zusammenwirken der jeweils an beiden Teilkegelschalen angebrachten Konturen 9 eine Strömungskulisse gebildet wird, die jener einer Venturidüse entspricht.

Detailliertere Angaben hinsichtlich Ausbildung und Anordnung der Kontur 9 innerhalb des Vormischbrenners leiten sich aus theoretischen Überlegungen sowie experimentellen Beobachtungen ab. Geht man in Bezug auf Figur 1 davon aus, dass die Brennerachse A in Strömungsrichtung als x-Achse angesehen wird, so ergeben sich bezogen zur x-Achse folgende beispielhafte Designparameterforderungen:

$$0,5 \leq R1(x)/RB(x) \leq 1$$



$$0,5 \leq R2(x)/RB(x) \leq 2 \text{ und}$$

$$\gamma < \alpha < 40^\circ$$

mit

- x: Orts-Koordinate längs der Mittelachse einer Teilkegelschale
- R1: radialer Abstand zwischen der Mittelachse einer Teilkegelschale und der Oberfläche der Kontur am Ort x längs der Mittelachse
- RB: radialer Abstand zwischen der Mittelachse einer Teilkegelschale und der Oberfläche der ursprünglichen Teilkegelschale am Ort x längs der Mittelachse
- R2: Überhöhung der Kontur gemessen von der Oberfläche der Teilkegelschale am Ort x längs der Mittelachse
- $\alpha$ : Winkel zwischen einer Tangentialoberfläche an der Kontur und der Mittelachse der Teilkegelschale am Ort x längs der Mittelachse
- $\gamma$ : halber Kegelwinkel.

Zu den Begriffen „Brennerachse“ und Mittelachse der jeweiligen Teilkegelschalen sei angemerkt, dass aus Gründen einer vereinfachten Beschreibung hinsichtlich des Strömungsverhaltens innerhalb des Drallerzeugers lediglich von einer Brennerachse A gesprochen wird. Aufgrund der Mehrteiligkeit des Drallerzeugers, der zwei oder mehr ineinander greifende Teilkegelschalen vorsieht, weist jedoch jede einzelnen Teilkegelschale eine ihr zugeordnete Teilkegelmittelachse auf, kurz Mittelachse der jeweiligen Teilkegelschale. Durch die räumliche Anordnung der Teilkegelschalen fallen diese entsprechenden Mittelachsen nicht zusammen. Für die vorstehenden Designparameterforderungen muss jedoch auf die entsprechenden Mittelachsen der Teilkegelschalen abgehoben werden.

Auf die Beschreibung von Figur 2 ist bereits in der Beschreibungseinleitung ausführlich eingegangen worden, so dass auf eine nochmalige Beschreibung an dieser Stelle verzichtet wird.

Figur 3 zeigt einen schematisierten Querschnitt durch einen Doppelkegelbrenner im Bereich des konturbedingten engsten Strömungsquerschnittes 92. Beide Teilkegelschalen 10, 11 weisen jeweils ihnen zugehörige Mittelachsen M11, M12 auf und sind derart ineinander gesetzt, dass sie zwei gegenüberliegende tangential verlaufende Lufteintrittsschlitze 2 miteinander einschließen. Bedingt durch die Konturen 9 wird der gesamte Strömungsquerschnitt durch den Drallerzeuger in Art einer Ellipsenform (strichlierter Linienzug) eingeengt. Ein derartig elliptischer Strömungsquerschnitt hat in vorteilhafter Weise aerodynamisch stabilisierende Auswirkungen auf das Brennerverhalten über einen weiten Betriebsbereich. Zur Vermeidung einer Beeinträchtigung des Einstromverhaltens an den Lufteintrittsschlitzen 2 sind die Konturen 9 in diesen Bereichen strömungsgünstig entsprechend ausgedünnt, um letztlich die Schlitzweite nicht zu verringern.

In Figur 4 ist ein Diagramm zur Verdeutlichung des axialen Geschwindigkeitsprofils durch den Vormischbrenner bzw. Drallerzeuger dargestellt. Die x-Achse entspricht der Brennerachse, die y-Achse die in axialer Strömungsrichtung orientierte Strömungsgeschwindigkeit  $u$  der Brennerströmung. Im Falle einer konventionellen Brenneranordnung, d. h. ohne die Verwendung der erfindungsgemäßen, den Strömungsquerschnitt lokal verjüngenden Kontur 9 (siehe durchgezogene Linie) steigt die axiale Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Vormischbrenners an, wird aufgrund zunehmender Strömungsinstabilität abgebremst und es erfolgt nicht zuletzt bedingt durch die unstete Querschnittserweiterung am Brenneraustritt eine lokale Strömungsumkehr (siehe Lage des Staupunktes 6), wodurch sich die vorstehend bereits erwähnte Rückströmzone (5) ausbildet.

Um den vordersten Staupunkt 6 der Rückströmzone 5 zu stabilisieren, d. h. bezogen zur x-Achse möglichst unverändert zu lassen, hat sich gezeigt, dass durch eine lokale Strömungsgeschwindigkeitserhöhung sowie deutlichere Geschwindigkeitsverzögerung am Ort des Staupunktes 6 ein größerer Geschwindigkeitsgradient erreicht werden kann, der die Lagestabilität des Staupunktes 6 erheblich verbessert. Hierzu dient die ebenfalls über dem Diagramm schematisch dargestellte, den Strömungsquerschnitt verjüngende Kontur 9, die

aufgrund des Bernoullieffektes zunächst zu einer Beschleunigung der Strömungsgeschwindigkeit in x-Richtung und nach Überschreiten des Bereiches mit dem geringsten Strömungsquerschnitt zu einer effizienten Strömungsverzögerung führt, wodurch das Geschwindigkeitsprofil einen größeren Gradienten, insbesondere im vorderen Staupunkt 6 erfährt (siehe strichlierte Linie). Durch diese lokale Erhöhung des Geschwindigkeits- bzw. auch Drallgradientens durch die konvergent divergente Strömungsführung erhöht sich die aerodynamische Stabilität des Staupunktes 6 ohne dabei nennenswerte Brennerdruckverluste in Kauf nehmen zu müssen.

Die Durchführung von atmosphärischen Verbrennungstests mit jeweils zwei baugleichen Brennern mit und ohne Konturierung haben ergeben, dass Vormischbrenner mit der erfindungsgemäßen Konturierung deutlich geringere Druckfluktuationen aufweisen als entsprechend konventionell ausgebildete Vormischbrenner. Figur 5 zeigt hierzu eine Diagrammdarstellung, längs deren x-Achse die Flammentemperatur und längs deren y-Achse die Stärke von Druckfluktuationen in normierter Darstellung angegeben ist. Der Linienzug mit den quadratischen Markierungen entspricht dem Betrieb eines Vormischbrenners mit erfindungsgemäßer Konturierung, der mit den Rauten durchsetzte Graf entspricht einem konventionellen Vormischbrenner. Sehr deutlich zeigt sich, dass vor allem bei niedrigen Flammtemperaturen weitaus geringere Druckschwankungen bei dem erfindungsgemäß ausgebildeten Vormischbrenner auftreten als bei einem Konventionellen.

Auch zeigt sich, dass die erfindungsgemäße Vorkehrung nahezu keinerlei Auswirkungen auf ein erhöhtes Emissionsverhalten hinsichtlich Stickoxide hat. In Figur 6 ist ein Diagramm dargestellt, längs deren x-Achse die und längs deren y-Achse die Stickoxidkonzentration in normierter Darstellung aufgetragen ist. Sowohl der Vormischbrenner mit erfindungsgemäß ausgebildeter Konturierung (siehe hierzu Linie mit Rechtecken) sowie auch ein konventioneller Vormischbrenner (siehe hierzu Linie mit Rauten) verlaufen weitgehend parallel auf einem niedrigen Niveau.

**Bezugszeichenliste**

1	Vormischbrenner, Drallerzeuger
2	Luft Eintrittsschlitz
3	Brenneraustritt
4	Brennkammer
5	Rückströmungszone
6	Vorderer Staupunkt bzw. vordere Front der Rückströmungszone
7	Vormischflamme, Rückströmblase
8	Brennerwand
9	Kontur
91, 92, 93	Kulissenabschnitte
10	Lokaler, axialer Bereich
11, 12	Teilkegelschalen

### Patentansprüche

1. Vormischbrenner zum Betreiben einer Brennkammer (4) mit einem flüssigen und/oder gasförmigen Brennstoff mit einem Drallerzeuger (1) für einen Verbrennungszuluftstrom zur Ausbildung einer Drallströmung sowie Mitteln zur Eindüsung von Brennstoff in die Drallströmung, wobei der Drallerzeuger (1) mittelbar über eine Mischzone oder unmittelbar an die Brennkammer (4) jeweils über einen Brenneraustritt (3) angrenzt, wobei am Brenneraustritt (3) eine in Strömungsrichtung der Drallströmung unstete Querschnittserweiterung vorgesehen ist, durch die die Drallströmung unter Ausbildung einer Rückströmzone (5) aufplatzt, dadurch **gekennzeichnet**, dass stromauf des Brenneraustrittes (3) eine den Strömungsquerschnitt des Drallerzeugers (1) oder der Mischzone in Strömungsrichtung lokal verjüngende Kontur (9) vorgesehen ist.
2. Vormischbrenner nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Kontur (9) am Innenumfangsrand des Drallerzeugers (1) oder der Mischzone vorgesehen ist.
3. Vormischbrenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Kontur (9) in Strömungsrichtung einen ersten den Strömungsquerschnitt stetig verkleinernden Kulissenabschnitt (91), einen zweiten Kulissenabschnitt (92) mit einem geringsten Strömungsquerschnitt sowie einen dritten sich in Strömungsrichtung an den zweiten Kulissenabschnitt anschließenden, den Strömungsquerschnitt stetig vergrößernden Kulissenabschnitt (93) aufweist.
4. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Kontur (9) einen Strömungskanal einschließt, der in Art einer Venturidüse ausgebildet ist.

5. Vormischbrenner nach Anspruch 3,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass der dritte Kulissenabschnitt (93) eine axiale Lage innerhalb des Vormischbrenners besitzt, die im Bereich der in Strömungsrichtung vordersten Front (6) der sich ausbildenden Rückströmzone (5) liegt.
6. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass der Drallerzeuger (1) wenigstens zwei sich zu einem Körper ergänzende Teilkegelschalen (11, 12) aufweist, die gemeinsam einen kegelförmig ausgebildeten Drallraum mit einem Kegelwinkel  $2\gamma$  sowie in Kegellängserstreckung tangentielle Lufteintrittsschlitze (2) einschließen, und dass jeder Teilkegelschale (11, 12) jeweils eine Mittelachse (M11, M12) zuordenbar ist, die räumlich getrennt voneinander verlaufen.
7. Vormischbrenner nach Anspruch 6,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass der Drallerzeuger (1) unmittelbar über den Brenneraustritt (3) an die Brennkammer (4) angrenzt und die den Strömungsquerschnitt des Drallerzeugers (1) lokal verjüngende Kontur (9) durch folgende Geometriebedingungen beschreibbar ist:

$$0,5 \leq R1(x)/RB(x) \leq 1$$

$$0,5 \leq R2(x)/RB(x) \leq 2 \text{ und}$$

$$\gamma < \alpha < 40^\circ$$

mit

- x: Orts-Koordinate längs der Mittelachse einer Teilkegelschale
- R1: radialer Abstand zwischen der Mittelachse einer Teilkegelschale und der Oberfläche der Kontur am Ort x längs der Mittelachse
- RB: radialer Abstand zwischen der Mittelachse einer Teilkegelschale und der Oberfläche der ursprünglichen Teilkegelschale am Ort x längs der Mittelachse
- R2: Überhöhung der Kontur gemessen von der Oberfläche der Teilkegelschale am Ort x längs der Mittelachse

- $\alpha$ : Winkel zwischen einer Tangentialoberfläche an der Kontur und der Mittelachse der Teilkegelschale am Ort x längs der Mittelachse
- $\gamma$ : halber Kegelwinkel.

8. Vormischbrenner nach Anspruch 6 oder 7,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass der Vormischbrenner als Doppelkegelbrenner ausgebildet ist und dass der kleinste Strömungsquerschnitt im Bereich der Kontur (9) elliptisch geformt ist.
9. Vormischbrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass sich an die Brennkammer (4) Turbinenstufen einer Gasturbinenanlage anschließen.
10. Verfahren zum Betreiben einer Brennkammer unter Verwendung eines Vormischbrenners nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass die Drallströmung in axialer Strömungsrichtung innerhalb des Drallerzeugers (1) oder in einer sich an den Drallerzeuger (1) anschließenden Mischzone lokal beschleunigt sowie verzögert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass die axiale Beschleunigung der Drallströmung vor der vordersten Front (6) der sich ausbildenden Rückströmzone (5) und die Verzögerung zumindest teilweise vor der vordersten Front (6) der sich ausbildenden Rückströmzone (5) erfolgt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 11,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass die Beschleunigung und Verzögerung unter Nutzung des Bernoulli-Effektes erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Drallgradient der Drallströmung in Strömungsrichtung lokal vergrößert wird.



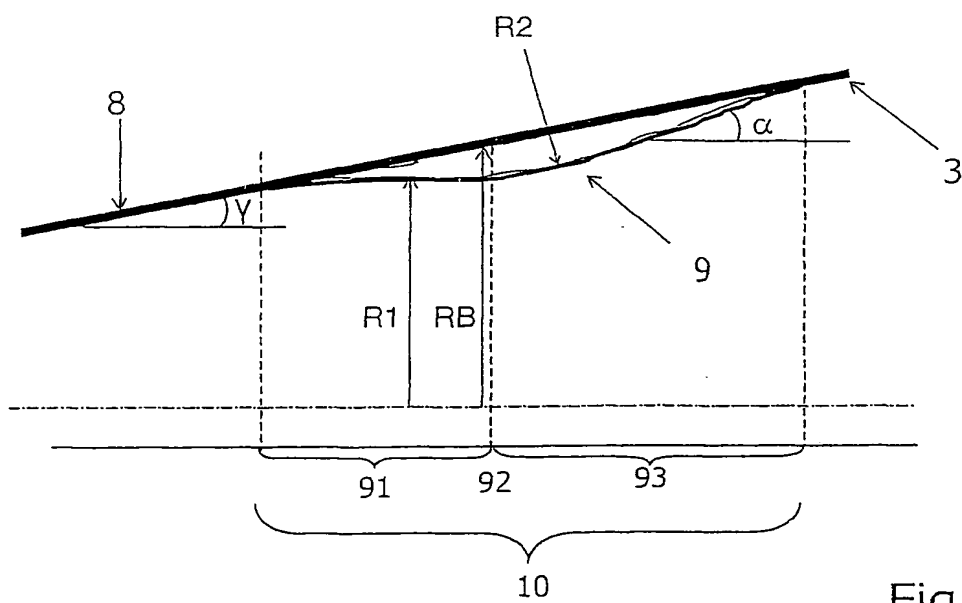


Fig. 1

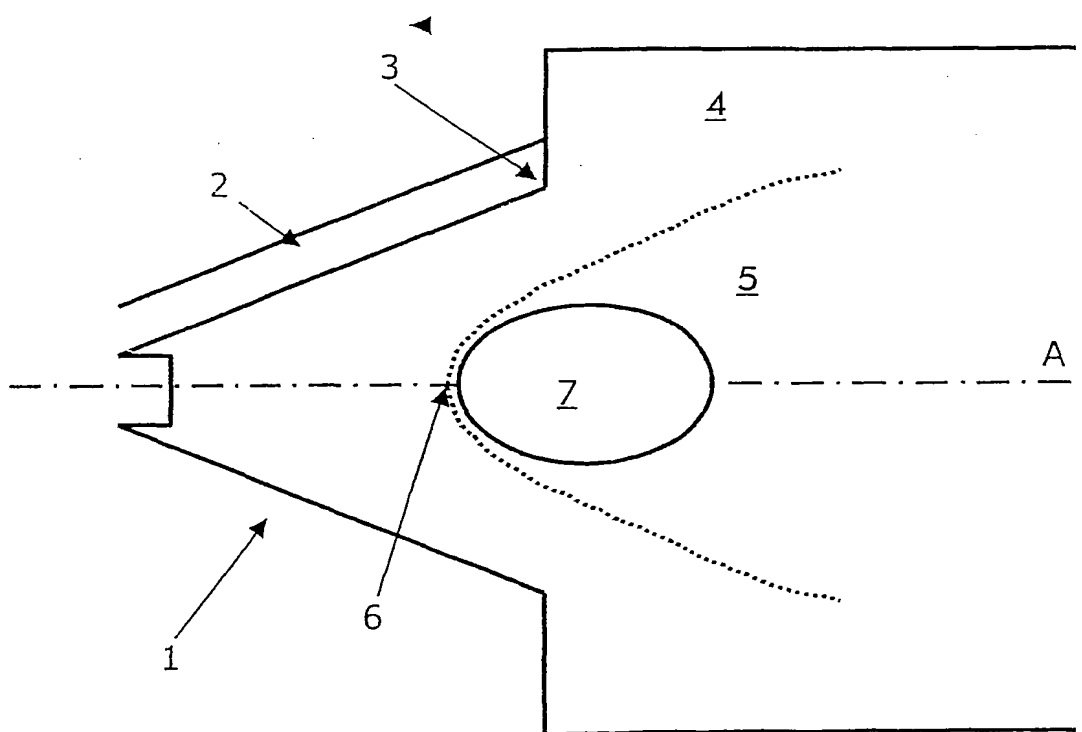
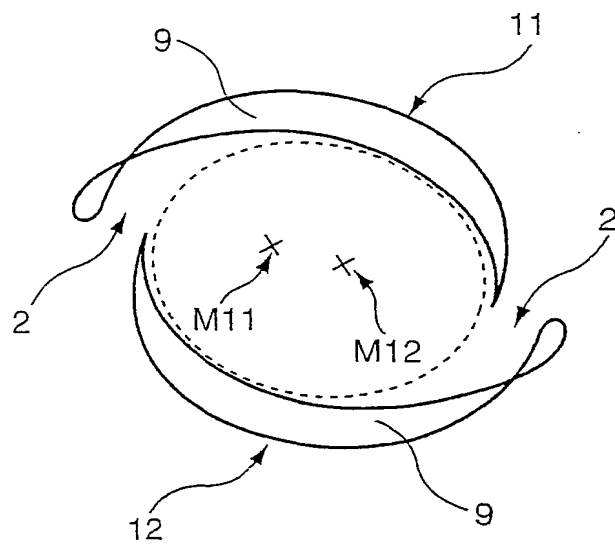
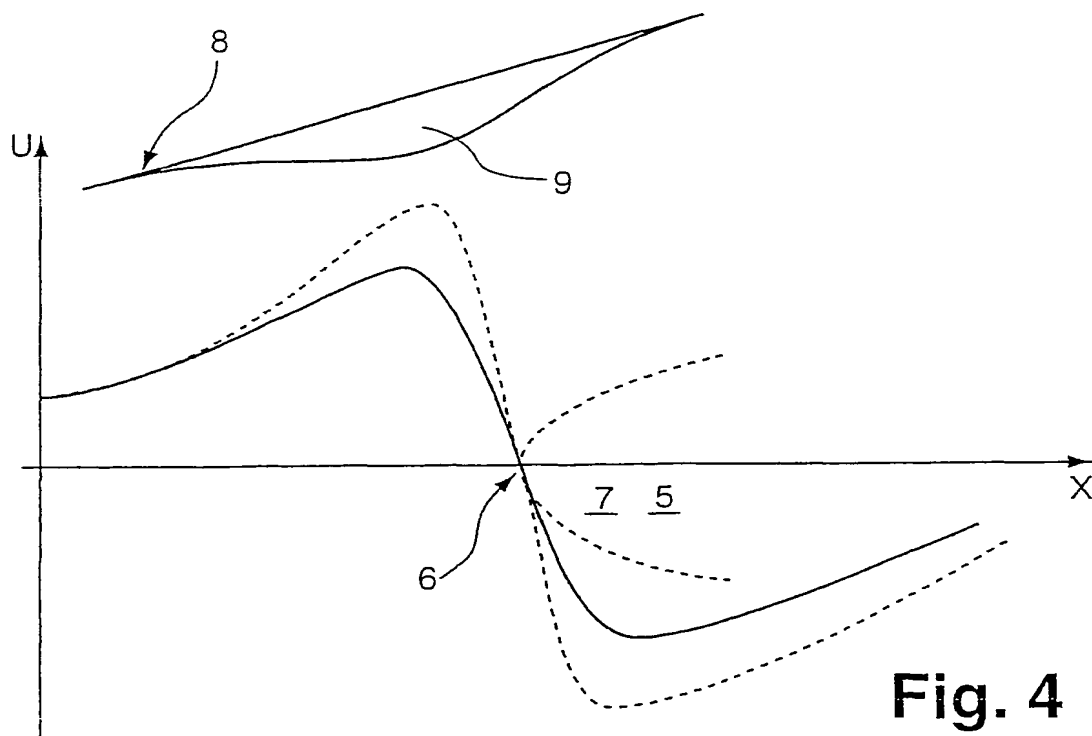


Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**

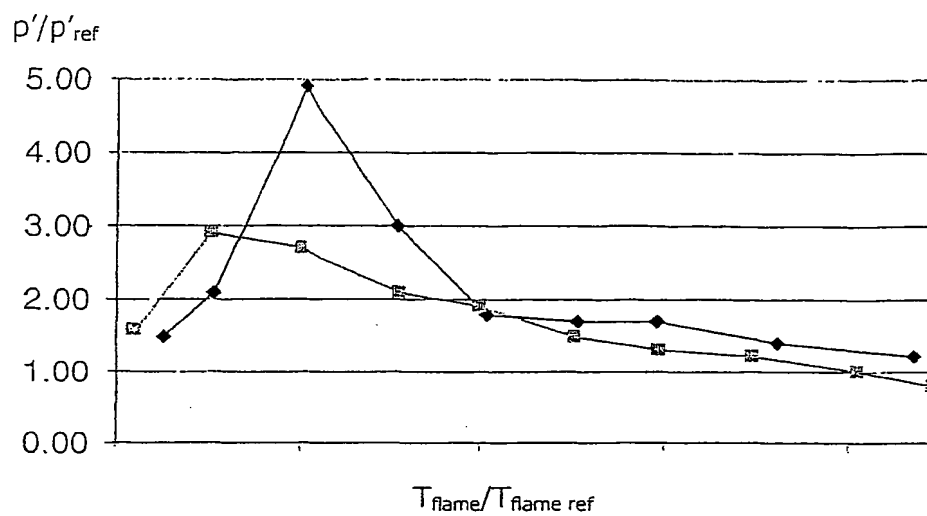


Fig. 5

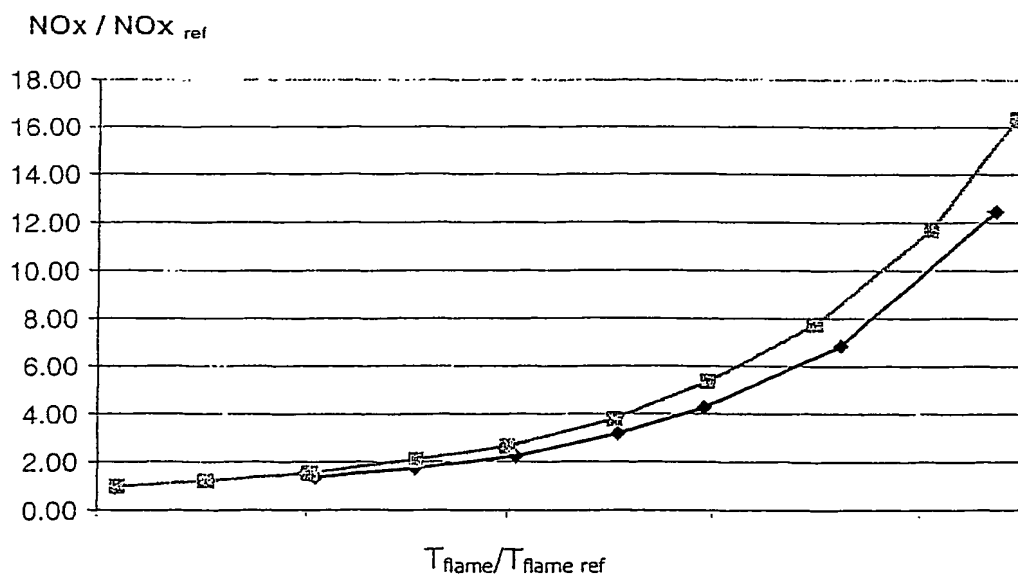


Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/050105

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F23R3/28 F23D14/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F23R F23D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/074885 A1 (ROKKE NILS A) 24 April 2003 (2003-04-24)	1,2,9
Y	the whole document	3-5, 10-13
Y	EP 0 849 531 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 24 June 1998 (1998-06-24)	3-5, 10-13
Y	the whole document	
A	US 5 193 346 A (BORKOWICZ RICHARD J ET AL) 16 March 1993 (1993-03-16) column 5, line 64 - column 6, line 4; figure 5	1,10
A	EP 0 321 809 A (BBC BROWN BOVERI & CIE) 28 June 1989 (1989-06-28) cited in the application the whole document	1,6-8

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 April 2005

Date of mailing of the international search report

02/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2230 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Coli, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/050105

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003074885	A1	24-04-2003	NO 20000715 A	15-08-2001
			AU 3622101 A	20-08-2001
			EP 1255952 A1	13-11-2002
			JP 2003522929 T	29-07-2003
			WO 0159369 A1	16-08-2001
EP 0849531	A	24-06-1998	US 5865609 A	02-02-1999
			CA 2225376 A1	20-06-1998
			CN 1190717 A ,C	19-08-1998
			EP 0849531 A2	24-06-1998
			JP 10196954 A	31-07-1998
			RU 2195575 C2	27-12-2002
US 5193346	A	16-03-1993	US 4982570 A	08-01-1991
			DE 69126846 D1	21-08-1997
			DE 69126846 T2	12-02-1998
			EP 0488556 A1	03-06-1992
			JP 2651304 B2	10-09-1997
			JP 4283316 A	08-10-1992
			NO 914632 A	29-05-1992
			RU 2076276 C1	27-03-1997
			DE 3766807 D1	31-01-1991
			EP 0269824 A2	08-06-1988
			JP 1137117 A	30-05-1989
			JP 2831641 B2	02-12-1998
			NO 874893 A ,B,	26-05-1988
EP 0321809	A	28-06-1989	CH 674561 A5	15-06-1990
			AT 63628 T	15-06-1991
			CA 1312816 C	19-01-1993
			DE 3862854 D1	20-06-1991
			EP 0321809 A1	28-06-1989
			JP 1203809 A	16-08-1989
			JP 2608320 B2	07-05-1997
			KR 129752 B1	09-04-1998
			US 4932861 A	12-06-1990
			US 5193995 A	16-03-1993

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F23R3/28 F23D14/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F23R F23D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/074885 A1 (ROKKE NILS A) 24. April 2003 (2003-04-24)	1,2,9
Y	das ganze Dokument	3-5, 10-13
Y	EP 0 849 531 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 24. Juni 1998 (1998-06-24) das ganze Dokument	3-5, 10-13
A	US 5 193 346 A (BORKOWICZ RICHARD J ET AL) 16. März 1993 (1993-03-16) Spalte 5, Zeile 64 - Spalte 6, Zeile 4; Abbildung 5	1,10
A	EP 0 321 809 A (BBC BROWN BOVERI & CIE) 28. Juni 1989 (1989-06-28) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,6-8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. April 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Coli, E

# INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/050105

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003074885 A1	24-04-2003	NO 20000715 A	15-08-2001
		AU 3622101 A	20-08-2001
		EP 1255952 A1	13-11-2002
		JP 2003522929 T	29-07-2003
		WO 0159369 A1	16-08-2001
EP 0849531 A	24-06-1998	US 5865609 A	02-02-1999
		CA 2225376 A1	20-06-1998
		CN 1190717 A ,C	19-08-1998
		EP 0849531 A2	24-06-1998
		JP 10196954 A	31-07-1998
US 5193346 A	16-03-1993	RU 2195575 C2	27-12-2002
		US 4982570 A	08-01-1991
		DE 69126846 D1	21-08-1997
		DE 69126846 T2	12-02-1998
		EP 0488556 A1	03-06-1992
		JP 2651304 B2	10-09-1997
		JP 4283316 A	08-10-1992
		NO 914632 A	29-05-1992
		RU 2076276 C1	27-03-1997
		DE 3766807 D1	31-01-1991
		EP 0269824 A2	08-06-1988
		JP 1137117 A	30-05-1989
		JP 2831641 B2	02-12-1998
		NO 874893 A ,B,	26-05-1988
EP 0321809 A	28-06-1989	CH 674561 A5	15-06-1990
		AT 63628 T	15-06-1991
		CA 1312816 C	19-01-1993
		DE 3862854 D1	20-06-1991
		EP 0321809 A1	28-06-1989
		JP 1203809 A	16-08-1989
		JP 2608320 B2	07-05-1997
		KR 129752 B1	09-04-1998
		US 4932861 A	12-06-1990
		US 5193995 A	16-03-1993

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**